

戦略的創造研究推進事業  
－CREST(チーム型研究)－

研究領域「科学的発見・社会的課題解決  
に向けた各分野のビッグデータ利活用推  
進のための次世代アプリケーション技術の  
創出・高度化」

研究領域事後評価用資料

研究総括：田中 譲

2022 年 1 月

(新型コロナ感染症拡大の影響を受けて研究期間の延長された  
4 研究課題に対する追記)

(2022年1月 追記)

新型コロナウイルス感染症の影響を受けた以下の4課題について、3か月から1年間の研究期間の延長を行った。

(1) 「データ駆動型解析による多細胞生物の発生メカニズムの解明」

研究代表者： 大浪 修一 (理化学研究所 生命機能科学研究センター チームリーダー)

2021年6月まで3か月間の延長

(2) 「医学・医療における臨床・全ゲノム・オミックスのビッグデータの解析に基づく疾患の原因探索・亜病態分類とリスク予測」

研究代表者： 角田 達彦 (東京大学 大学院理学系研究科 教授)

2021年9月まで6か月間の延長

(3) 「フィールドセンシング時系列データを主体とした農業ビッグデータの構築と新知見の発見」

研究代表者： 平藤 雅之 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 特任教授)

2021年9月まで6か月間の延長

(4) 「大規模生物情報を活用したパンデミックの予兆、予測と流行対策策定」

研究代表者： 西浦 博 (京都大学 大学院医学研究科 教授)

2022年3月まで1年間の延長

(1) 「データ駆動型解析による多細胞生物の発生メカニズムの解明」については、3ヶ月間期間を延長し、蛍光タンパク質標識線虫株の樹立と、4次元高速共焦点顕微鏡画像データの取得、および、これらのデータを活用した遺伝子発現動態—細胞動態間の因果関係を推定する手法の開発を実施した。

その結果、新たに43遺伝子分の蛍光タンパク質標識株の作成に成功し、これらのGFP標識株についても、時空間遺伝子発現パターン撮影を行ない、CREST全期間中では、合計173遺伝子分の蛍光タンパク質標識株の作成に成功した。これは胚発生必須遺伝子の約50% (173/350)、第1分裂以降の胚発生に必須な遺伝子の約64% (173/270) に相当する。これらをデータ・ライブラリ化したことにより、胚発生メカニズムの完全解明に至る重要な貢献を行った。

(2) 「医学・医療における臨床・全ゲノム・オミックスのビッグデータの解析に基づく疾患の原因探索・亜病態分類とリスク予測」については、6ヶ月間期間を延長し、角田グループが、がんの臨床試験研究との連携による臨床検体のマルチオミックスの実験、予後や治療奏効との関係の解析、そして深層学習によるオミクスデータからの知識抽出の枠組みの創出を

実施した。

その結果、①深層学習を用いた独自の枠組みに加えて、深層学習の中間層を解析し、がんなどの疾患の原因となる新規のパスウェイなどの新たな知識を抽出する独自の方法論を確立し、②がん免疫学的な側面の共同研究を通じて、免疫学的に特異な様相を見せる腎がんの患者の予後を悪化させる原因を解明し、がん免疫療法での治療指針を見出し、③骨肉腫（サルコーマがん）の臨床試験研究に並行した多層オミクスプロファイリングと解析を進め、がん免疫と治療方針の検証により有害事象の研究基盤を構築した。

(3)「フィールドセンシング時系列データを主体とした農業ビッグデータの構築と新知見の発見」については、2020年に予定通り実施できなかった試験圃場におけるドローンを用いたビッグデータ収集を、6ヶ月間期間を延長して実施した。これにより、計3年分の生育データが取得でき、本研究で開発して来た手法及び知見の検証が進み有効性の確認と論文執筆に繋がった。2020年にアイオワ州立大学との共催を企画していた国際ワークショップは2021年11月にオンラインで開催し、本研究の成果をまとめて公表すると共に、米国のこの分野の主たる研究者を招いて密な研究交流ネットワークを形成した。本研究では北海道更別村に実験フィールド及び研究拠点（東大サテライトオフィス）を設け、実験や計測機器の製作と実証研究を行ってきたが、その成果を受けて、更別村の寄付で、東大寄付講座（講座名「フィールドフェノミクス講座」、2021年11月開講）が設置され発展的に研究が継続されることになった。

(4)「大規模生物情報を活用したパンデミックの予兆、予測と流行対策策定」については、1年追加支援により2020年度に1年間の延長が認められたが、研究代表者の西浦博教授が国の新型コロナウイルス感染症の対応のため、研究の実施が困難となったことから新型コロナウイルスの影響に対して1年間の研究期間の延長を行い2021年度に当初の1年追加に対する評価を実施した。

追加支援による延長期間には、インフルエンザウイルスの遺伝子データのデータベースを活用して、集団免疫とウイルス進化の同時予測のための理論基盤を創出し変異における6つの主要位置のアミノ酸の置き換え予測に成功した。加えて、研究代表者は2020年度からの新型コロナウイルス感染症拡大に伴い、厚生労働省クラスター対策班において流行対策に大きく貢献し、本研究の成果に基づいて8割接触削減などの重要な提言を行ってきた。予測精度の改善を目指した新研究にも取り組み、気温、ヒト移動率、流行に対するリスク認識を組み込んだ新しいモデルを構築し、シミュレーションによる実効再生産数の時空間推定を改善している。これらの成果はタイムリーに国際学術誌に公表され、海外からも大きく注目されている。

2021年2月版の「研究領域事後評価用資料」の記載以降、本領域の各プロジェクトの成

果が、領域の正式名称である「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」に謳っている「科学的発見・社会的課題解決に向けた」大きな貢献となって結実している。この1年間にこの観点から特に顕著な貢献と認められるものを4件選んで紹介する。

この1年間を含む2020年以降は、奇しくも、新型コロナウイルス感染症のパンデミックに明け暮れた2年間であり、昨年末には新規感染者数の抑え込みに成功したかのように思われた我が国も、新年早々にオミクロン株の国内流入と蔓延により、依然として終息の目途が立たない状況にある。領域において、将来に人類の脅威となり得る人獣感染症のパンデミックに対応すべく、ビッグデータに基づく感染拡大予測やリスク推定、変異予測の手法の開発を謳った西浦プロジェクトを、領域がカバーするビッグデータ応用研究のポートフォリオに組み込んだことは、時宜を得た選択であった。研究期間中に、風疹や麻疹（はしか）および新興感染症であるエボラ出血熱やジカ熱、中東呼吸器症候群（MERS）の流行予測と、それらの日本への感染流入リスクの推定をリアルタイムで実施し、2020年からの新型コロナウイルス感染症拡大に対しては、西浦教授は厚生労働省クラスター対策班において流行対策に大きく貢献し、本領域での研究成果に基づき8割接触削減などの重要な提言を行ってきた。予測精度の改善を目指した新研究にも取り組み、気温、ヒト移動率、流行に対するリスク認識を組み込んだ新しいモデルを構築し、シミュレーションによる実効再生産数の時空間推定を改善し、他のグループとも協力して我が国における感染予測とリスク推定の高精度化を先導している。一方で、予測精度をさらに向上するにはまだまだ未知のファクターも多く、この分野をさらに学際的に重点的かつ継続的に研究支援する重要性は高まっている。

近年、地球規模の気象変動により、局所的なゲリラ豪雨や、線状降水帯の発生に伴う長時間に渡る集中豪雨が、これまで経験したこともないような災害を繰り返し生じている。三好プロジェクトの成果である、フェーズド・アレイ・レーダによる大気中の水分の3次元分布の実時間観測データや、ひまわり気象衛星の実時間観測データを、京や富岳などの最先端スーパーコンピュータを用いて高精度のアンサンブル大気シミュレーションと実時間でデータ同化することにより、30分後から数日後に渡る高精度の気象予測を刻々と準実時間予測する革新的技術の重要性は、防災、減災の観点からますます増大している。三好プロジェクトが当初より研究成果公表の檜舞台として計画していた2020年東京オリンピック期間中の会場周辺におけるゲリラ豪雨の30秒ごと30分前予測の実証実験は、オリンピック延期により2020年には実施できなかったが、延期後の2021年東京オリンピックにおいて成功裏に公開の実証実験を行った。プロジェクトリーダを務めた三好博士が2021年9月に新しく設定されたムーンショット目標8の「2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現」のPDに選任されたことは、本領域の研究成果の結実の一つである。

近年、発生が大きく懸念されている南海トラフ地震を始めとする日本近海における巨大地震は、地震による直接被害だけでなく、それがもたらす巨大津波による人的並びに経済的

大災害が逼迫した大きな懸念事項となっている。東日本大震災を受けて、大きな研究体制を構築し、津波に関して高精度の津波予測シミュレータを研究開発し、海底に設置されたセンサのデータとの実時間データ同化による津波予測の高精度化と共に、経済におけるサプライチェーンに関するデータも考慮した経済へのダメージの推定や、避難ガイダンスなどの研究成果を本領域において上げてきた越村プロジェクトは、その成果が国や自治体で既に活用されているだけでなく、大学発ベンチャーRTi-castとして結実し、2021年のJSTの大学発ベンチャー表彰2021で、「大学発ベンチャー表彰特別賞」を受賞している。本領域での成果が大学発ベンチャーを介して社会実装に向けて一層大きく加速されている。

試験圃場などの実際のフィールドにおけるカメラや各種センサを用いたセンシングによる大規模時系列データを農業ビッグデータとして取得し、生育や育苗、生産高の改善につながる分析技術を研究開発する試みは、平藤プロジェクトがわが国で立ち上がったことと並行して、欧米でも研究開発が盛んになった。平藤プロジェクトは、NSFの支援を受けているアイオワ州立大学と密に連携し、本領域での成果をアイオワ大学でも実装実験するなどの協力関係を強め、2021年11月には国際ワークショップをオンラインで共催し、本領域での成果をまとめて公表すると共に、米国のこの分野の主たる研究者を招いて密な研究交流ネットワークを形成した。これには領域総括も参加し、本領域全体の成果をキーノート講演した。平藤プロジェクトの成果は、北海道更別村の寄付による東大寄付講座（講座名「フィールドフェノミクス講座」、2021年11月開講）の設置へと結実し、社会実装が一層加速している。

本領域では、①ビッグデータ応用の主要な応用分野をカバーするポートフォリオを構築することと、②このポートフォリオを形成する各柱となるプロジェクトは、それぞれの応用分野におけるフラッグシップ・プロジェクトになり得るものを選定し発展させることを大きな当初目標とした。2021年2月版の「研究領域事後評価用資料」の記載以降の1年間における各プロジェクトのその後の発展を見ると、①に関しては、人類の脅威になるパンデミックや、大災害に繋がる局所的で急激な異常気象、日本近海における巨大地震がもたらす巨大津波による大災害、急速に新しい治療法が出てきているものの依然として解明できていない大きな脅威であるガン、開発費用と開発時間がますます増大している創薬における革新、安定的食料供給をさせるために効率的生産と品種改良の重要性が益々増大している農業など、現代の社会、特に我が国の社会が抱える重要課題の多くを含んでいる。同時に科学知識の発見に関しても、昨年末にハッブル宇宙望遠鏡の後継として打ち上げられたジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡によって、益々盛んになることが予想される深宇宙の天体現象の国際的な解明競争においては、吉田プロジェクトがすばる望遠鏡の観測データからの超新星の発見に関連して確立した深宇宙の天体現象の網羅的自動観測・検知のパイプライン化技術が大きな意義を持つと思われる。既に木曾観測所のトモエゴゼンでの観測データに対して適用され、超新星よりも短時間の高速天体現象の発見に適用され成果を上げている。ま

た、再生医療、ガン治療、薬学、免疫学、発生学などにおける最先端研究においては、細胞レベルでの in situ の実験観測と、異なるオブジェクトの自動切り出し、オブジェクトの各種プロパティの自動計測と高度分析のための革新的技術の必要性が益々増しており、これらの革新的技術の基盤を本領域において確立した大浪プロジェクトには、国内外の多方面から注目と期待が集まりつつある。さらに、松本プロジェクトの成果は、大規模な文献テキストデータを用いて、個々の文献に記載の知識を、多数の文献に跨って関連付けることによって初めて得られる未知の有益な知識を発見する技術へと発展するものであり、理系科学から社会科学まで、あらゆる科学分野とそれらに跨る学際的分野の新しい研究基盤技術へと発展すると期待している。このように、本領域の構成は、現在の我が国における社会的要請ないし科学的観点からみた主要な分野をカバーするポートフォリオを実現していたと言える。②の各柱がその分野のフラグシップ・プロジェクトとなるものを選び発展させるという目標に関しても、この 1 年間の進展を見ると、当初目標が達成されつつあることが分かる。今後、「ビッグデータ応用」研究領域が選択し発展させた 9 つのプロジェクトとその成果が、更に一層、国際的な視野に立って、社会への貢献や新たな科学発見の流れにつながっていくことを期待する。